

DIE KRITERIEN DER ALLGEMEINEN EFFEKTIVITÄT DER ORGANISIERUNG VON FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Von

J. KLÁR

(Eingegangen am 12. August, 1968)

I.

In ihren gesellschaftlich-ökonomischen Auswirkungen zeigt die kybernetische Revolution, die vor unseren Augen in voller Entfaltung begriffen ist, ein ausgesprochenes Janusgesicht: während sie auf der einen Seite dem Fortschritt bisher nicht geahnte Perspektiven erschließt, zwischen Mensch und Maschine völlig neue Beziehungen schafft und auch das Verständnis für die Kommunikationsprozesse zwischen den Maschinen untereinander auf neue Grundlagen stellt, wirft sie auf der anderen Seite eine Vielzahl von Problemen auf, die noch der Lösung harren.

In den entwickelten kapitalistischen Ländern bedroht diese Revolution die bestehende sozial-ökonomische Gesellschaftsordnung, da die kybernetisierten Einrichtungen jede schablonenhafte physische und geistige Arbeit verrichten, soweit sie überhaupt kybernetisiert werden kann. In den Vereinigten Staaten z.B. steigen im zunehmend scharfen Konkurrenzkampf die Kosten des Anlockens der Konsumenten (Werbung, Reklame, Verpackung usw.), während die wachsende Arbeitslosigkeit die zahlungsfähige Nachfrage zurückgehen läßt. Die schädlichen Auswirkungen der stürmischen technischen Wandlungen werden in den entwickelten kapitalistischen Ländern — auf lange Sicht betrachtet — ohne radikale Umwälzungen kaum zu überwinden sein.

Der Entfaltung der kybernetischen Systemtheorie kommt auch für den weiteren Ausbau der Forschungsorganisation größte Bedeutung zu. Nach systemtheoretischer Auffassung sind beispielsweise die gezielte Grundlagenforschung und die konkrete industrielle Entwicklungsforschung als räumlich und zeitlich verschiedene, ihrem Wesen nach jedoch auf das gleiche Ziel gerichtete Bestrebungselemente ein und desselben Prozesses zu betrachten, in dessen Ablauf sämtliche nötigen Entscheidungen nach komplexer wissenschaftlicher, technischer und ökonomischer Betrachtungsweise getroffen werden müssen.

Dieses Erfordernis zwingt zur Einführung neuer Organisationsformen vor allem in der *Entscheidungsvorbereitung* und in den weiteren Etappen des *Entscheidungsprozesses*.

II.

Die Festlegung der Grundlagen für die Organisation von Forschung und Entwicklung muß vor allem *von einer Analyse der Entwicklung von Wissenschaft und Technik* ausgehen, denn die Leistungen der wissenschaftlichen und technischen Revolution sind zu einem guten Teil das Ergebnis eines bisher nicht gekannten Aufschwunges in der Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Dieser Umstand macht es erforderlich, sowohl die Entwicklungsprozesse und die Möglichkeiten von Wissenschaft und Technik als auch die ökonomischen, sozialen, kulturellen und anderweitigen Konsequenzen sowie jene Anforderungen zu untersuchen, die der wissenschaftliche Fortschritt stellt. Dies bildet eine der wichtigsten Aufgaben der Entscheidungsvorbereitung, die ihrerseits eine vertiefte perspektivische Forschungsplanung und deren geeignete Organisation verlangt.

Die gute Organisation der Forschung ist echte *Planungsarbeit*. Sie muß also die planmäßige Realisierung der aus den Voruntersuchungen hervorgegangenen, wissenschaftlich fundierten, nach ökonomischen und anderen notwendigen Gesichtspunkten bereits ausgewerteten wichtigeren volkswirtschaftlichen Konzeptionen gewährleisten. Das Instrument hierzu bildet in den sozialistischen Ländern *der Perspektivplan der wissenschaftlichen Forschung und Entwicklung des betreffenden Landes*.

Im Zuge der Vorbereitung von Entscheidungen über Forschungspläne müssen, um diese richtig beurteilen zu können, *sämtliche erforderlichen Informationen* eingeholt werden.

Diese Vorbedingung macht es an vielen Stellen nötig, die Informations-einholung, -speicherung und -verarbeitung sowie den Informationsfluß neu zu organisieren und hierbei die wichtigsten Basisinformationen und deren Quellen einer verschärften Überprüfung bzw. — soweit erforderlich — auch einer Ausweitung zu unterziehen.

Eine relativ leichtere Aufgabe bildet die Beschaffung der sog. *betriebs-internen endogenen Informationen*, gleichviel, ob es sich um die Untersuchung der sog. betriebsinternen *operativen* Informationen (wie etwa der benötigten Kraftquellen, der Kosten- und Rentabilitätsprobleme usw.) oder um die betriebsinternen *perspektivischen* Informationen (z. B. Investitionen, Entwicklung u. dgl. m.) handelt.

Schwieriger und zugleich auch weit kostspieliger ist das Einholen der sog. *äußeren exogenen Informationen*, wie etwa derjenigen über den Inlandsbedarf, über die Exportmärkte, über die Höhe des Weltstandards, über die wichtigeren Entwicklungstendenzen in Wissenschaft und Industrie, über die voraussichtliche künftige Verhaltensweise eventueller Konkurrenten u. dgl. m. Die äußeren Informationen enthalten notwendigerweise auch eine größere Zahl von Ungewißheiten als die internen, wobei sich freilich im Verlauf der

Forschungsarbeiten auch Änderungen in den erwähnten internen Informationen einstellen können (z. B. wegen teilweiser Änderungen in den Forschungszielen, wegen des Eintritts unvorhergesehener neuer Ereignisse usw.).

Die Entscheidungen über einen konkreten Forschungsplan sind Elemente eines zusammenhängenden Prozesses, der aus folgenden Etappen besteht:

- Vorentscheidung über die Zielsetzungen,
- Sammlung, Bewertung, Speicherung und Verarbeitung von Informationen,
- Einleitung des Informationsflusses (Zuleitung der Informationen an die verschiedenen Entscheidungsebenen),
- Erstellung der nötigen Planprognosen,
- Ausarbeitung von Forschungsplanvarianten,
- auf Grund ökonomischer oder Effektivitäts- und Risikenuntersuchungen das Fällen der Entscheidung über die Wahl des Forschungsplanes,
- laufende Kontrolle und Auswertung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit,
- das Fällen eventuell erforderlicher Zwischenentscheidungen,
- qualitative Auswertung oder quantitative Messung des Forschungsergebnisses.

Im Hinblick auf ihre Wichtigkeit ist die Erstellung von *Prognosen* zu einer *selbständigen Teildisziplin der Einholung und Auswertung der Informationen* geworden.

Die Prognoseerstellung kann mit einer mehrfachen Ergänzung des Informationsmaterials, mit einer Umbewertung seines Inhalts und mit dessen Umgruppierung nach besonderen Gesichtspunkten einhergehen. Die Methodik der Prognostizierung, die sich je nach ihren unterschiedlichen Zielsetzungen sowohl qualitativer als auch quantitativer Verfahren bedient, ist gegenwärtig in Ausgestaltung begriffen.

Umfang und Beschaffenheit des Informationsmaterials, welches auch zur Prognostizierung benötigt wird, richtet sich nach den sog. Entscheidungskriterien.*

Ein Grunderfordernis jeder Prognostizierung für Zwecke der Organisation von Forschungen ist die komplexe Betrachtungsweise, d. h. die gemeinsame Analyse der wissenschaftlichen, technischen und ökonomischen Gegebenheiten.

Die Beurteilung von Plänen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bedient sich nomologischer Informationen (d. h. solcher über relativ als gesichert anzusehender Daten), weiterhin umweltstrategischer Informationen (z. B. über die vermutliche künftige Verhaltensweise von Konkurrenten) sowie verschiedener Informationen über heuristische Vorgänge (beispielsweise über Erfindungen). Unter diesen Informationen enthalten die auf die Umweltstra-

* Ausführlich behandelt diesen Problemkreis R. GERCKE in »Ökonomisch begründete Entscheidung in der Industrieforschung«, Berlin 1968. Verlag Die Wirtschaft.

tegie bezogenen in der Regel bereits viele, diejenigen über heuristische Vorgänge eine noch größere Zahl von Ungewißheiten und Zufallsveränderlichen.

Hier taucht die Frage auf, ob sog. »Frühprognosen« erstellt werden sollen, die zum überwiegenden Teil von den beiden letzteren Informationstypen ausgehen und deren Feststellungen teilweise auch auf Intuition beruhen. Mit der Bezeichnung »Frühprognose« will Verfasser zum Ausdruck bringen, daß bei dieser Art von Voraussagen größere Vorsicht geboten ist als bei allen anderen Prognosearten und daß es stets zweckmäßig sein wird, den Tatsachengehalt der von ihr in Betracht gezogenen Feststellungen tunlichst laufend zu überprüfen, »rückzukoppeln«. Die Notwendigkeit ihrer Anwendung zur Voranalyse von Forschungsvorhaben findet ihre Begründung in der Tatsache, daß sich die Forschungsarbeit von der Produktion wesentlich unterscheidet, daß sich ihre Zielsetzungen häufig nicht in der Gegenwart oder in naher Zukunft, sondern erst zu späteren Zeitpunkten realisieren lassen und daß es zu ihrem erfolgreichen Abschluß in der Regel vor allem der Intuition und einer bestimmten Zeitökonomie bedarf. Für die Lösung dieser Aufgaben bedeutet — nach Ansicht des Verfassers — die in den Frühprognosen enthaltene Ungewißheit eine geringere Gefahr als der völlige Verzicht darauf, über künftige Möglichkeiten selbst auf diese Art und Weise Erwägungen anzustellen (wie etwa ein Verzicht auf Erwägungen darüber, ob der geplanten Forschungsarbeit andere nicht zuvorkommen werden, oder ob das Forschungsergebnis, sobald es vorliegt, noch zeitgemäß sein wird oder ob sich das Interesse für dieses Ergebnis nicht aus irgendeinem Grunde radikal ändern wird, u. dgl. m.). Zur Beantwortung all dieser Fragen vermag die Frühprognose in vielen Fällen wertvolle Anhaltspunkte zu liefern, sobald sie mit der nötigen Sorgfalt ausgearbeitet wird und sofern man in ihren Voraussagen die höchstmögliche Sicherheit wahrt. in ihrer praktischen Anwendung hingegen die größte Vorsicht walten läßt.

Die Formen der Prognoseerstellung sind — je nach ihrer Zielsetzung — äußerst mannigfaltig.*

Unabhängig von der Methode jedoch, nach der sie erstellt wird, soll jede Prognose auf folgende grundlegende Ziele ausgerichtet sein:

- sie soll das Modell der künftigen Entwicklung liefern,
- sie soll die den verschiedenen Wissenschaftszweigen entnehmbaren Kenntnisse zur Erkundung der künftig zur Geltung kommenden *objektiven Gesetzmäßigkeiten* nutzen,
- sie soll die auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse zur Ausarbeitung möglicher Varianten der künftigen Entwicklung (beispielsweise einzelner Wachstumsfaktoren) verwenden.

* H. D. HAUSTEIN: Sozialistische Wirtschaftsführung der Industrie, Prognostische Modellierung. Hochschule für Ökonomie, Berlin—Karlshorst 1968.

H. EDELING: Prognostik und Sozialismus, S. 259—281. Dietz Verlag, Berlin, 1968.

Als Formen der Prognosen für die Forschungsplanung kommen — je nachdem, auf welche Weise sie die zukunftsbezogenen Informationen verarbeiten und nach welchen Methoden sie ihre Schlüsse ziehen — folgende in Frage:

- beschreibende,
- graphische,
- numerische und
- mathematische

Modelle.

Den für die Forschungsplanung bestgeeigneten Modelltyp bestimmt das jeweilige Forschungsziel. Hierbei sind die beschreibenden, die numerischen und die mathematischen Modelle gleich gut zu gebrauchen.

Die Voraussagen können

- auf Daten und unterschiedlichen Antizipationen,
- auf verschiedenen Annahmen oder Schätzungen beruhen.

Bei den Daten des Prognosemodells kann es sich sowohl um solche *aus der Vergangenheit* als auch um solche *aus der Gegenwart handeln*. In der Regel wird man nicht umhin können, sich auf beide Arten von Daten zu stützen. Eine wichtige Rolle spielen in den Prognosen für die Forschungsplanung überdies die *fundierte Schätzungen und Annahmen. Die Variablen des Modells*, die wichtigsten unter jenen Faktoren, die seine Voraussagen beeinflussen, sind — nach der Natur der Forschungsarbeit — zu einem erheblichen Teil derartige begründete Schätzungen und Annahmen, etwa darüber, ob sich die Variablen auch in der Folgezeit nach gleichen oder ähnlichen strukturellen Parametern (Gesetzmäßigkeiten) ändern werden.

Die Daten aus der Vergangenheit werden zweckmäßig in zwei Gruppen unterteilt.

Besondere Bedeutung kommt der Gruppe jener Daten aus der Vergangenheit zu, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit *auf die Zukunft einfach extrapoliert werden können*. Das ist die einfachste Art der Prognose, die sog. *passive Voraussage*, oder, mit einem anderen Ausdruck, die *mechanische Extrapolation*. Bei diesen Daten handelt es sich um längere Zeitreihen mit einem bestimmt erkennbaren Trend, aus dem sich für die Zukunft eine einheitliche Tendenz, eventuell eine Gesetzmäßigkeit ableiten läßt. Ihrer Form nach zeigen die Kennlinien solcher Tendenzen einen linearen, einen exponentiellen oder einen logistischen Verlauf, doch können sie auch einen anderen mathematischen Charakter tragen.

Aus der anderen Gruppe von Daten aus der Vergangenheit lassen sich die oben umrissenen Tendenzen zwar nicht ableiten, doch sind — eventuell nach weiteren Berechnungen und anderweitigen Analysen — auch sie zur Festlegung verschiedener, für das Modell wichtiger Tatsachen und Annahmen geeignet.

Auch *die Daten aus der Gegenwart* können zahlreiche wichtige klärende Anhaltspunkte liefern, und auch aus diesen lassen sich fallweise Antizipationen hinsichtlich des voraussichtlichen künftigen Eintretens oder Verlaufs von Entwicklung, Wachstum oder Rückgang usw. ableiten. So bieten diese Daten z. B. die Möglichkeit, für die Zukunft mit unterschiedlicher (hoher, mittlerer oder geringer) Wahrscheinlichkeit verschiedene *quantitative Relationen* zu bilden.

Die Ungewißheit der aus wissenschaftlich fundierten Annahmen und Schätzungen hergeleiteten Daten nimmt offenbar zu, indes wird es nur selten möglich sein, über wichtigere Forschungsvorhaben Voraussagen zu erstellen, die Daten dieser Art nicht enthalten. *Die nach wissenschaftlichen Methoden ausgearbeiteten und auf Grund objektiver Gesetzmäßigkeiten gewonnenen Annahmen und Schätzungen bedeuten nicht notwendig, daß es sich um ungewisse Feststellungen handelt*, bloß ist die Wahrscheinlichkeit, daß die so vorausgesagten Fakten auch tatsächlich eintreten werden, unterschiedlich hoch, u. zw. je nachdem, welchen Gehalt die Voraussagen haben und inwieweit es möglich ist, zur optimalen Erkundung dieser Gehalte die geeigneten Verfahren zu finden.

Die Auswertung und Verarbeitung dieser Erscheinungen *leitet nun schon vom Modell der passiven Voraussagen zum Modell der aktiven Prognosen über*. Ein solches Modell beschreibt für das Transportwesen K. Kádas.*

Dieses *für einen Sektor erstellte Wachstumsmodell* gestattet Aussagen über die prozentuale Wachstumsrate der Güter- und Personenbeförderungsleistung im Verhältnis zum prozentualen Wachstum des Nationaleinkommens oder des gesellschaftlichen Gesamtprodukts oder — genauer — die Bestimmung der Wachstumselastizität der Transportleistungen, bezogen auf das Nationaleinkommen.

Äußerst nützliche Instrumente der Forschungsplanung bilden die in *Text- oder in graphischer Form* erstellten *Prognosen* mit ihren quantitativen und qualitativen Analysen und Feststellungen. Forschungspläne mit nicht übermäßig komplizierten Zielsetzungen lassen sich mit Voraussagen dieser Art in der Regel gut prognostizieren.

Um umfangreichere Forschungsvorhaben mit verwickelten Zielsetzungen beurteilen zu können, deren Auswirkungen besonders auch auf ganze Industriezweige oder auf die Volkswirtschaft übergreifen können, wird man zur *Erstellung mathematischer Modelle* greifen müssen. Die Konstruktion derartiger Modelle gehört in das Gebiet der Operationsforschung und erfordert ein gründliches mathematisches Rüstzeug sowie einen entsprechend qualifizierten Apparat.

* In einem Vortrag »Über die Rolle der wissenschaftlichen Prognostik in modernen Perspektivplanungsmodellen des Transportwesens«, den er 1968 an der Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List«, Dresden, hielt, befaßte sich K. KÁDAS eingehend mit den in der Verkehrswissenschaft gebräuchlichen Modellen. Zahlreiche seiner Feststellungen und Konklusionen lassen sich auch für die Prognostikmodelle der Forschungsplanung verallgemeinern.

Wie sich die fundamentalen *Variablen des Modells* gestalten, hängt sowohl von seiner mathematischen Form als auch von der Art seiner strukturellen Parameter (von deren Größe, Vorzeichen usw.) ab.

Ändern sich weder die Gestalt des Modells noch die Parameter, greift man zu *passiven*, ändert sich das eine oder ändern sich beide, dann kann es zu *aktiven* Extrapolationen kommen. Im letzteren Fall wird die Voraussage der Variablen zur entscheidenden Phase der Forschungsplanung, in der mit zahlreichen methodologischen und anderweitigen Schwierigkeiten gerechnet werden muß. Zur Lösung von Problemen dieser Art bedarf es zumeist eines hochqualifizierten kostspieligen Apparates.

Die *endogenen und exogenen Variablen* bzw. die zu ihrer quantitativen Bestimmung dienenden *Parameter* lassen sich auf unterschiedliche Art und Weise kategorisieren.

Unter den Parametern gibt es auch Unbestimmtheitsvariable.

Die Unbestimmtheit kann ebenso von den aus der Vergangenheit abgeleiteten — unzutreffenden — Annahmen herrühren wie auf Fehlern beim Aufbau des Modells, — (wie etwa die Autokorrelation). Oder aus nicht genügend fest fundierten Annahmen über die Folgezeit (beispielsweise aus der fälschlichen Annahme, daß einzelne strukturelle Parameter auch in der Zukunft unverändert bleiben) und schließlich aus der Tatsache, daß es sich bei den erwähnten Variablen um *stochastische Variable* handelt, daß sich also ihre Änderung als stochastischer Vorgang abspielt, weshalb sich ihre Größe stets innerhalb eines gewissen Streuungsbereiches bewegen wird.

Die Fehlergrenzen lassen sich durch grobe *Approximationen* einengen, in anderen Fällen kann sich ein Versuch mit *Iterationen* oder mit *Simulieren* als erfolgreich erweisen.

Die zur Planung industrieller Forschungsvorhaben bestimmten prognostischen Modelle müssen eindeutig auch folgende Fragen beantworten:

— in welchen Bereichen ist mit dem Aufkommen neuer Bedürfnisse zu rechnen (Verschleiß, neuer Fortschritt),

— ist es strategisch richtig, die Forschung in Angriff zu nehmen (und beispielsweise nicht besser, etwa Lizenzen zu erwerben oder sich zu Investitionen zu entschließen u. dgl. m.),

— entschließt man sich zur Aufnahme der Forschungsarbeit, welches sind die entscheidenden Voraussetzungen für die Hoffnung auf Erfolg (z. B. die richtige Erkennung der Hauptentwicklungstendenzen in Wissenschaft und Technik),

— in welcher Weise soll die optimale praktische Anwendung vor sich gehen?

Aus der Natur dieser Fragen folgt, daß die *Exaktheit* der Feststellungen derartiger Prognosen *innerhalb eines weiten Bereiches schwankt* und daß ihre Voraussagen mit fortschreitender Arbeit laufend »rückgekoppelt« werden

müssen. Offenbar wohnt den aus den sog. exogenen Variablen stammenden Informationen eine größere Ungewißheit inne, sie erfordern also eine sorgfältigere Überprüfung als die aus den endogenen Variablen herrührenden Informationen, wenngleich — eben wegen der Eigenheiten der Forschungsplanung — nicht selten auch die eine oder die andere der endogenen Informationen im Verlauf der Arbeit erhebliche Änderungen erfahren kann.

In der Prognostik sind die *Invarianz*-, die *Grenzwert*- und die *Schwellenwert*- sowie die *Struktur*- und *Ersetzbarkeitsuntersuchungen*, die strategische Analyse und schließlich die *Zeitreihenanalyse* gebräuchlich.*

Die Prognosen für die Planung produktionsbezogener Forschungen lassen sich in zwei Hauptgruppen zerlegen, u. zw. in die *auf die materielle Produktion bezogenen Voraussagen* und in die *Wissenschaftsprognosen*, obwohl beide untereinander in engstem Zusammenhang sind.

Diese Prognosen lassen sich nach *Tabelle 1* gruppieren, die lediglich als Versuch einer Übersicht über die zur Bewertung von Forschungsvorhaben erforderlichen Prognosen anzusehen ist. Naturgemäß schließt sie andere, vollständigere und bessere Kategorisierungen — sei es für die gleichen oder für andere Zwecke — keineswegs aus.

Von überragender Wichtigkeit sind in diesem System der Prognosen die Voraussagen über die *Entwicklung von Wissenschaft und Technik* sowie diejenigen über den *Höchststand des Weltniveaus*.

Prognosen über die künftige Entwicklung von Wissenschaft und Technik müssen folgenden Anforderungen genügen:

- sie müssen Teile der auf die gesellschaftliche Produktion bezogenen Voraussagen sein, die die Entwicklung zeitgemäßer Produktivkräfte untersuchen. In dieser Hinsicht haben sie die Aufgabe, sämtliche Wechselwirkungen und Zusammenhänge aufzudecken;

- sie müssen die Gesamtheit der zwischen den einzelnen Wissenschaftszweigen und einzelnen Bereichen der technischen Entwicklung bereits bestehenden oder noch entstehenden Zusammenhänge in ihr Kalkül einbeziehen;

- im Hinblick auf die stürmischen Fortschritte in Wissenschaft und Technik müssen die Feststellungen der Prognosen — durch laufende Rückkopplungen — ständig korrigiert und verfeinert werden.

Bei der Erarbeitung dieser Prognosen soll man bedenken, daß aus der Wissenschaft von *heute* (u. zw. aus ihrer komplexen Anwendung) die Industrie des *morgens* sich bildet.

Die Fortschritte in der Wissenschaft zeigen gewisse Gesetzmäßigkeiten, wie etwa die Ungleichmäßigkeit in der Entwicklung der einzelnen Wissenschaftszweige, die Differenzierung und Integration der Wissenschaften, das Aufkommen neuer Disziplinen infolge zunehmender Pflege der Grenzgebiete,

* Eine Beschreibung der mathematisch-statistischen Methode findet sich in G. GRUHN: *Wirtschaftsprognose in der technischen Revolution*. Verlag Die Wirtschaft, Berlin, p. 75.

Tabelle 1

Prognosesysteme

I. Ausschließlich objektbezogene Prognosen

meteorologische,
hydrologische,
geologische u. ä. Prognosen

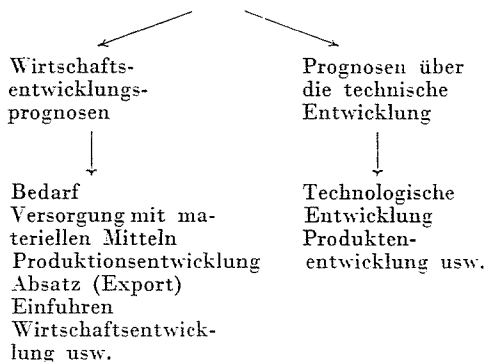
II. Personen- und objektbezogene Prognosen

Prognosen über die voraussichtlichen Resultate der Entwicklung in der Wissenschaft



Prognosen über Prozesse der Entwicklung in der materiellen Produktion

Prognosen über die Prozesse der gesellschaftlichen, soziologischen, demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung



Prognosen über Wissenschaftsentwicklung

komplexe technische und Wirtschaftsprognosen

Auf je einen Hauptfaktor der Entwicklung konzentrierte
volkswirtschaftliche komplexe Prognosen

die Erzielung neuer Resultate in einzelnen Wissenschaftszweigen auf Grund verschiedener, von anderen Disziplinen übernommener Verfahren u. ä. m.

Der technische Fortschritt weist eine Reihe verwandter Züge auf, wie denn auch der technische zu einem guten Teil aus dem wissenschaftliche Fortschritt hervorgeht. In den einzelnen Zweigen ist der Fortschritt auch hier unregelmäßig, wobei zwischen Entwicklung oder Stagnation der einzelnen Zweige eine Wechselwirkung besteht. Jeder Fortschritt in einem Zweig der Technik löst — ähnlich wie in der Wissenschaft — gewissermaßen Kettenreaktionen in anderen Zweigen aus. Einer ständigen Fortentwicklung und Änderung unterliegen die verwendbaren Rohstoffe, neue Rohstoffe kommen auf, mit

ihrer zunehmenden Erschließung verbilligen sich auch die Energiequellen, laufend vervollkommen sich die technischen Ausrüstungen, und unverkennbar ist die Tendenz zum Entstehen immer komplizierterer Systeme (wie etwa der Automation).

Die verwandten Züge, wie sie zwischen wissenschaftlichem und technischem Fortschritt bestehen, sowie die Auswirkungen des sozial-ökonomischen »Hintergrundes« auf ihre Entwicklung untermauern die bereits dargelegte Auffassung des Verfassers, daß die einzelnen Phasen der Forschung von der Formulierung des Zweckes der gezielten Grundlagenforschung bis zur Überleitung der Ergebnisse in die industrielle Fertigung als voneinander lediglich in Zeit und Raum getrennte Teile eines einheitlichen, zusammenhängenden Prozesses behandelt werden müssen, eine Tatsache, aus der für die Organisation der Forschung entsprechende Folgerungen zu ziehen sind.

Der Fortschritt in Wissenschaft und Technik — der sich auch in der Konzentration der Forschung auf einzelne Bereiche manifestiert — führt auf dem Wege über die sog. »Einbrüche neuer wissenschaftlicher Errungenschaften« zum Entstehen neuer Industriezweige, zur Einführung neuer Erzeugnisse, Technologien usw. und verwischt die Grenzen zwischen den einzelnen Industriezweigen, wie sie im Laufe der traditionellen Strukturierung entstanden sind. (Gedacht ist hier etwa an den Einbruch neuer wissenschaftlicher Errungenschaften auf dem Gebiet der Chemie in die Textilindustrie durch die Entwicklung der synthetischen Fasern.)

Im Gefolge der »Einbrüche neuer wissenschaftlicher Errungenschaften« hat sich eine Scheidung in Industriezweige (Produkte, Verfahren usw.) mit stürmischer Aufwärtsentwicklung und in relativ stagnierende Industriezweige vollzogen.

Im Gegensatz zu den stagnierenden sind die in stürmischer Entwicklung begriffenen Zweige durch außerordentlich hohe Forschungsintensität gekennzeichnet. Die Tätigkeit der ersteren hingegen kennzeichnet außer ihrer eigenen Bedeutung auch die Tatsache, daß sie eine ganze Reihe mit ihnen verflochtener anderer Zweige beleben (so beschäftigt etwa der Eisenbahnbetrieb den Kohlenbergbau, die Bunt- und die Schwarzmetallurgie, den Maschinenbau usw.). In Amerika gleichen zur Zeit die in stürmischer Entwicklung begriffenen Industriezweige den geringeren Beitrag der stagnierenden Zweige zum Wirtschaftswachstum aus.

Einen weiteren bei der Beurteilung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben gleichfalls zu beachtenden wichtigen Aspekt der Prognosen bilden, eben im Hinblick auf die sog. »Einbrüche neuer wissenschaftlicher Errungenschaften«, die Voraussagen, die sich aus dem Vergleich mit dem im Weltmaßstab erkennbaren, auch auf den Zeitfaktor bezogenen, d. h. »dynamisierten« wissenschaftlich-technischen Höchststand ergeben. Eines solchen Vergleichs bedarf es unbedingt bei Vorentscheidungen über Forschungsvorhaben, die die

Entwicklung neuer Erzeugnisse, neuer Verfahren oder die Verbesserung der Qualität u. ä. m. zum Ziele haben.

Den Gang des Vergleichs veranschaulicht die hier folgende *Tabelle 2*.

Tabelle 2

Verfahren der Prognostizierung des industriellen Welthöchststandes

I. Gegenwärtiger Stand des Produkts: Gegenstand des Vergleichs

Technische Parameter
Leistung, Kraftstoff-
verbrauch, Instand-
haltung usw.

Ökonomische Parameter
Gebrauchswert, Bedarfs-
deckung, Arbeitsproduk-
tivität, Kapazitätsaus-
nutzung, usw.

Zeitparameter
Haltbarkeit, materieller
und moralischer
Verschleiß usw.

II. Die Komplexe Beurteilung der technischen, der ökonomischen und der Zeitparameter
(bezogen auf einzelne wichtigere Parameter oder auf das Produkt)

III. Festlegung der Vergleichsgrundlage. Ihr Vergleich mit dem industriellen Welthöchststand

IV. Die wichtigeren bestimmenden Faktoren der künftigen Entwicklung des gegenwärtigen
industriellen Welthöchststandes

Wissenschaftl.
Fortschritt
Möglichkeiten
der Gewinnung
eines wissen-
schaftl. Vor-
sprungs, voraus-
sichtliche Re-
sultate der
Forschungs- und
Entwicklungsarbeit
und der Heranbil-
dung und Fortbil-
dung von Kadern

technischer
Fortschritt
Fortschritte
in der Tech-
nologie, in
der Fertigung
und im Endpro-
dukt. usw.

wirtschaftl.
Fortschritt
Fortschritte im
Informations-
fluß, in der
Prognostik, Or-
ganisation und
Führung usw.

die Zeitfaktoren
des Fortschritts
die voraussicht-
liche Anlaufzeit
für die Fortschritte

V. Die komplexe Bewertung der wissenschaftlichen, technischen, ökonomischen und der
Zeitfaktoren

VI. Prognose über den künftigen Entwicklungsstand des Produkts

neue technische Parameter

neue ökonomische
Parameter

neue Zeitparameter

VII. Gegenüberstellung des künftigen Entwicklungsstandes gemäß Punkt VI mit der voraus-
sichtlichen Entwicklung des gegenwärtig erkennbaren technischen Welthöchststandes

Die technischen, ökonomischen und die Zeitparameter sowohl des Vergleichsgegenstandes als auch der Vergleichsgrundlage müssen anhand gründlicher und gewichtiger Informationen festgelegt werden.

Da es sich bei Forschungsarbeiten um Aufgaben auf längere Sicht handelt und der *heutige* internationale wissenschaftlich-technische Höchststand *morgen* vielleicht schon überholt ist, *legt Verfasser in seiner Analyse das größte Gewicht auf die »Dynamisierung« des internationalen wissenschaftlich-technischen Höchststandes* und auf die Untersuchung der wissenschaftlichen, der technischen und ökonomischen sowie der Zeitparameter, sowie auf die Betrachtung der Möglichkeiten seiner Fortentwicklung.

Bei der Vorbeurteilung jener größeren wichtigen Forschungsvorhaben, bei denen ein Vergleich des voraussichtlichen Forschungsergebnisses mit dem Welthöchststand erforderlich ist, muß in jedem Fall auch diese *dynamische Analyse* durchgeführt und deren Resultat bei der Beurteilung des Forschungsvorhabens mit berücksichtigt werden.

III.

Bei der Vorbeurteilung von Forschungsplänen kann nur von einem prognostischen Abwägen der Wirtschaftlichkeit die Rede sein. Da es sich um eine Vorprüfung handelt, darf von Messung noch nicht gesprochen werden.

Diesen Untersuchungen kommt — nach Ansicht des Verfassers — eine *weit größere Bedeutung* zu als den Messungen nach erfolgter Überleitung des Ergebnisses in die Fertigung. Während nämlich solche Messungen nur bereits eingetretene, vollendete Tatsachen zu konstatieren vermögen, verhindert die maximal exakte Durchführung der Vorprüfung die Inangriffnahme der Arbeiten an vorgeschlagenen Forschungen und Entwicklungsarbeiten, die, von irgend einem Gesichtswinkel aus betrachtet, einer Verschwendung geistiger oder materieller Kraftquellen gleichkäme. Die Einrichtung solcher Bremsen — sollte man meinen — kann niemand für überflüssig halten.

Im Zusammenhang mit den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen *trifft man* im übrigen in der Literatur nicht selten *auf eine ausgesprochene Begriffsverwirrung*. Wenn man immerfort die Schwierigkeiten im Munde führt, die der Messung der Forschungseffektivität im Wege stehen — abgesehen von jenen natürlich, die sich aus den verschiedenen Preissystemen und Valutenkursen ergeben —, hat man in der Regel die Grundlagen- oder andere ähnliche Forschungen im Auge, für die sich — wie noch zu zeigen sein wird — höchstens der Erfolg oder Mißerfolg prognostizieren läßt.

Ebenso liegen die Dinge bei der Prüfung der Effektivität von Forschungsarbeiten, bei denen sich die Gesamtaufwendungen (wegen irgendwelcher buchhalterischer Mängel) nicht summieren lassen, bei denen also der Vergleich mit den Resultaten der industriellen oder anderweitigen Nutzung nicht möglich

ist. Sind nämlich die obigen Voraussetzungen gegeben, dann besteht die Prüfung ebenso nur aus der Gegenüberstellung der definitiven Aufwendungen mit dem Resultat wie etwa bei der Überprüfung der Wirtschaftlichkeit einer Investition.

Die Literatur spricht schließlich in der Mehrzahl der Fälle von Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Eine solche ist nach Auffassung des Verfassers selbst dann unzureichend, wenn die Berechnung — wegen der Eigenheiten des nationalen Preissystems — ähnlich wie bei den Exportwirtschaftlichkeitsberechnungen unter Zugrundelegung irgendwelcher in Auslandsdevisen (Rubel, Dollar) fixierter Preise erfolgt.

Statt Wirtschaftlichkeitsvorausberechnungen empfiehlt Verfasser die Anwendung der Wirtschaftlichkeits-Vorprüfungskette.

Die einzelnen Glieder dieser Vorprüfungskette müssen sich sicher auf die Feststellungen der ausgearbeiteten Prognosen oder des Prognosesystems stützen.

Demnach hat die Wirtschaftlichkeits-Vorprüfungskette aus einer Reihe von Untersuchungen zu bestehen, deren teils qualitative, teils quantitative Feststellungen in der weiter unten noch zu erörternden Risikoanalyse zusammengefaßt werden können. Bei diesen Untersuchungen handelt es sich

1. um die Analyse des Inlandsbedarfs,
2. um die Auslandsmarktanalyse,
3. um Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

(Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse stehen verschiedene, relativ einfach zu handhabende Kennziffern zur Verfügung. Derartige Kennziffern für Vorprüfungen von Forschungsvorhaben hat Verfasser der 1966 in Jablonka veranstalteten Forschungswirtschaftlichkeitsenquête der Polnischen Akademie der Wissenschaften vorgelegt.)*¹

4. um die kalkulativen Berechnungen der Daten (der dynamischen Veränderungen, wie Weltmarktpreis usw.) auf zeitliche Veränderungen.

5. um sonstige Untersuchungen, wie beispielsweise auf Themenüberschneidungen, auf industrielle Verwendbarkeit, Neuheitswert, Vertrieb, auf moralischen Verschleiß u. dgl. m.

Das Ergebnis der Untersuchungen läßt sich in der vereinigten Risikoanalyse (R) zusammenfassen, in der in der Form

$$R = (I + E + W) / (M_t + M_k) / L$$

* Publiziert in der Sonderausgabe »Problemy efektywności naukowych исследований« der Polnischen Akademie der Wissenschaften, Zagadnienie Naukoznawstwa. Studia i materiały, Tom. II. Zeszyt 3/7, Warszawa 1966. Ebensolche Kennziffern enthält auch das neueste Buch des Verfassers »A kutatásszervezés kérdései« (Die Wirtschaftlichkeitsprobleme der Forschungsorganisation), Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest 1967, p. 137 (ungarisch).

folgende Faktoren vorkommen können:

- I = das Resultat der Analyse des Inlandsbedarfs,
- E = das Resultat der Exportmarktanalyse,
- W = das Resultat der Wirtschaftlichkeitsanalyse,
- M_t = wissenschaftlich-technische Erfolgswahrscheinlichkeit des Planes,
- M_k = wirtschaftliche Erfolgswahrscheinlichkeit des Planes,
- L = das Resultat der kalkulativen Berechnungen der Daten auf zeitliche Veränderungen.

Es ist naturgemäß klar, daß die oben aufgeschriebene Zeile nicht eine für jedes ihrer Glieder quantifizierbare Formel, sondern eine kurze, qualitative und quantitative Feststellungen enthaltende zusammenfassende Analyse der Wirtschaftlichkeitsprüfungskette darstellt.

IV.

In der Literatur der Forschungsorganisierung macht ein Teil der Autoren Unterschied zwischen Forschungswirtschaftlichkeit und allgemeiner Effektivität der Forschung. Sie lassen hierbei unberücksichtigt, daß sich die allgemeine Effektivität nicht bloß auf Entwicklungs-, sondern auch auf Forschungen anderer Natur (z. B. auf Grundlagenforschungen) bezieht. Es ist also sinnlos, *im allgemeinen* von der quantitativen oder wirtschaftlichen Bewertung der Forschungsarbeit zu sprechen, weil eine solche Bewertung in der Regel nur für die in der Fertigung bereits realisierten Forschungsergebnisse möglich ist.

Andererseits ist es erforderlich, auch die Wirksamkeit der Forschungsarbeit zu bewerten, denn die Grundlagenforschung im allgemeinen und ein guter Teil der unmittelbar produktionsbezogenen angewandten Forschungen, die Forschungen sozialer Natur sowie diejenigen für militärische und Dienstleistungszwecke entziehen sich ohnehin der Bewertung durch Berechnung ihrer Wirtschaftlichkeit.

Aus dem Gesagten folgt, daß man in jenen Fällen, in denen die Wirtschaftlichkeitsprüfung — die eine Methode der Untersuchung der allgemeinen Forschungseffektivität ist — nicht in Frage kommt, zu einem anderen möglichen Verfahren, *zur Erstellung der Wirksamkeitsprognose* greifen muß. Eine solche Prognose kann man ausarbeiten durch Zusammenstellung und Auswertung von Fragespiegeln. Derartige Fragespiegel empfiehlt der Verfasser in seinem Buch: „A kutatásszervezés gazdasági kérdései“ (Die Wirtschaftlichkeitsprobleme der Forschungsorganisierung), Verlag der Ung. Akademie der Wissenschaften, Budapest, 1967. ungarisch, Seite 72).

V.

Die Forschungseffektivität ist ein komplexer Begriff. Ihre wichtigsten Faktoren sind:

- a) die Organisation der Ausbildung von Forschern,
- b) die Organisation von Forschungsstellen,
- c) die fachwissenschaftliche Organisation der Forschungsarbeiten,
- d) die Organisation der allgemeinen Effektivität der Forschungsarbeiten.

Für die unter a)–c) genannten Organisationsmaßnahmen können — im Gegensatz zu der in der vorliegenden Studie erörterten allgemeinen Effektivität der Forschungsarbeiten — kaum irgendwelche Grundsätze angegeben werden, die sich für einen größeren Kreis verallgemeinern ließen, weil die Anforderungen in den verschiedenen Wissenschaftsbereichen recht unterschiedlich sind.

Wegen ihrer Komplexität hängt die Effektivität der Forschungsarbeiten von allen vier oben angeführten Faktoren (a, b, c, d) ab.

Besteht das Ziel — als eines der allgemeinen Kriterien der Effektivität — *in der Wahl des optimalen Programms* je einer Forschungsstelle, dann muß das Resultat der unter den obigen Punkten a) bis c) genannten Organisationsmaßnahmen bereits als eine Gegebenheit vorliegen, die die Möglichkeit der Erreichung der unter d) genannten allgemeinen Effektivität determiniert.

Die Grundvoraussetzungen der Quantifizierung beim Aufbau des Modells eines optimalen Programms sind:

— Durchführung der Programmierung zunächst auf der Forschungsebene. Ist sie hier mit Erfolg abgeschlossen, kann sie auch auf höheren (industriewirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen) Ebenen versucht werden;

— in erster Linie muß ein Versuch zu Quantifizierung der produktionsbezogenen Forschungspläne unternommen werden (von Forschungen also, die die Entwicklung neuer Erzeugnisse oder Technologien und Qualitätsverbesserungen zum Ziele haben);

— zu meiden ist der Versuch einer Quantifizierung all jener Forschungsvorhaben, die ihrer Natur nach keine gut quantifizierbaren Daten liefern können (z. B. der Grundlagen- und der medizinischen Forschungen):

— zu meiden ist weiterhin die Quantifizierung all jener auf ökonomische Ziele abgestellten Forschungspläne, die — aus irgendeinem Grunde — erst geraume Zeit nach dem Vorliegen des Forschungsergebnisses realisiert werden können.

Unter den Daten des Modells können *zum Teil auch die Eingangs-Parameter* der geprüften Forschungsvorhaben (z. B. die erforderlichen Arbeitsstunden oder die geplante Dauer der Forschung usw.) unbestimmt sein, weil der betreffende Teil bei der Vorprüfung der Vorhaben nicht genau bestimmt, sondern nur mit Wahrscheinlichkeitswerten angesetzt werden kann. Bei einem

guten Teil der *Ausgangs-Parameter* hingegen handelt es sich um nicht realisierte, sondern um bloß potentielle Parameter, im Grunde genommen also um *Prognosen*.

Die mit der Voraussage einhergehende Herabsetzung der Genauigkeit ist eine Eigenheit der Programmierung von Forschungsarbeiten, in der sich diese von der Programmierung etwa der Produktion unterscheidet (läßt sich nämlich das Forschungsergebnis schon bei der Beurteilung der Vorhaben gut quantifizieren, dann eignen sich zu ihrer Prüfung in der Regel die Methoden zur Untersuchung der Investitionswirtschaftlichkeit).

Wie sich für die einzelnen vorgeprüften Vorhaben nur Prognosen erstellen lassen, kann es sich auch bei dem zur optimalen Kraftquellenverteilung vorgelegten Vorschlag um nicht mehr als Prognosen handeln, deren sämtliche wichtige Faktoren zuvor einer gründlichen Abwägung bedürfen. Diese Vorprüfung leistet beim Fällen der optimalen Entscheidung schon an sich wirksame Hilfe. Nach dem Anlaufen der Forschungsarbeit kann dann das erstellte Forschungsprogramm durch geeignete Rückkopplung laufend korrigiert werden.

VI.

Eine der wichtigen Aufgaben der Forschungsorganisierung besteht darin, durch die zunehmende Verbreitung der systemtheoretischen Auffassung das Verständnis dafür zu wecken, daß die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von der Festlegung der Aufgaben der gezielten Grundlagenforschung bis zur Überleitung des neuen Erzeugnisses oder der neuen Technologie in die Fertigung *eine Einheit* voneinander untrennbarer, miteinander eng verknüpfter Teile darstellen.

Die Grundlagenforschung vermag der industriellen Forschung Impulse zu geben, die Industrie hingegen kann die Lösung einzelner verwickelter Probleme — nach »Sichtung« durch das industrielle Forschungsinstitut — der Grundlagenforschung anvertrauen. (Unter »Sichtung« ist hier die Aussonderung jenes Problemteiles zu verstehen, der einer theoretischen Lösung bedarf.)

Zweckmäßig werden die so entstehenden *Forschungsketten* zwischen jenen Forschungsinstituten, Unternehmen und deren Forschungsgruppen eingerichtet, die die Aufgabe haben, ein Forschungs- oder Entwicklungsvorhaben gemeinsam zu bearbeiten.

Darüber hinaus bilden derartige Forschungsketten ein vorzügliches Instrument zur Lösung der unterschiedlichsten komplexen wissenschaftlichen und technischen Probleme.

Je dichter die Durchflechtung des Netzes unserer Forschungsinstitutionen durch derartige Forschungsketten, um so wirksamer wird sich deren Forschungsarbeit gestalten.

Die Forschungskette ist für die *laufende Kontrolle* von Forschungsarbeiten gleichfalls gut zu gebrauchen die für diesen Zweck empfohlene Methode des Verfassers läßt sich bei jeder Forschungsarbeit *automatisch* anwenden, u. zw. *stets an jener Stelle, an der das Forschungsergebnis* (Teilergebnis oder eine wichtige Feststellung) *eingetroffen ist*.

Die Bewertung erfolgt *rekursiv*, d. h. vom Benützer (von der übernehmenden Stelle) zur Forschungsanstalt *rückwärtsschreitend*.

Das Verfahren setzt voraus, daß bei der Erzielung des Forschungsergebnisses eine Forschungskette vorhanden ist, die allein dem Zweck dient, von der gezielten Grundlagenforschung über die industrielle Forschung und Entwicklung bis zum Endresultat (z. B. bis zum neuen Erzeugnis oder zur neuen Technologie) das Zustandekommen des Ergebnisses zu fördern.

Das *selbsttätige und rekursive Verfahren* der Prüfung von Forschungsergebnissen oder Teilergebnissen bewertet die einzelnen Glieder der Forschungskette auf ihre gute oder unbefriedigende Zusammenarbeit.

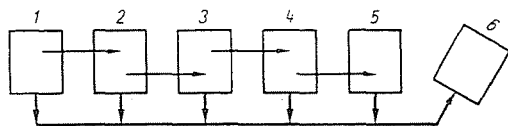


Abb. 1

Die lotrecht stehenden Rechtecke 1—5 symbolisieren eine Forschungskette, das schräg stehende Rechteck 6 den Benützer des Forschungsergebnisses.

Die Bewertung hat die Fragen zu beantworten: *wer hat wem, was, weshalb übergeben bzw. wer hat von wem, was, weshalb übernommen, und welches Resultat hat die Übergabe bzw. Übernahme gezeitigt*.

Beim Vorwärtsschreiten die Forschungskette entlang (d. h. also von der Grundlagenforschung zu Fertigung) müssen sich nach Ablauf einer gewissen Zeit (der sog. Reifungszeit, d. h. der Zeit bis zur praktischen Anwendung der theoretischen Ergebnisse) zumeist an den Endpunkten der Kette quantifizierbare Resultate einstellen.

Beim Rückwärtsschreiten die Forschungskette entlang (d. h. von der Fertigung zu Grundlagenforschung) dürfen zu überwiegendem Teil *qualitative Feststellungen theoretischen Inhalts* erwartet werden (z. B. nach »rückwärts« geleitete falsch formulierte Informationen und fälschlich nach rückwärts gestellte Fragen).

Der Zusammenarbeit bedarf es schließlich zur Ausarbeitung des Systems der einheitlichen Rechnungsführung von Beginn der Forschung bis zur Überleitung der Resultate in die Fertigung sowie der Festlegung des materiellen Anreizes.